

## Estadio Atilio Paiva Olivera: modelos de comportamiento estructural

Autores: Juan José Fontana <sup>(1)</sup>, Karen Crosa <sup>(1)</sup>, Mariana Saura <sup>(1)</sup>, Gianella Mussio <sup>(1)</sup>, Laura Bozzo <sup>(1)</sup>, Marcia Ferreira <sup>(1)</sup>, Leticia Olivera <sup>(1)</sup>, Noelia Ramos <sup>(1)</sup>, Guillermo Zubeldía <sup>(1)</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), Universidad de la República (Udelar). Bv. Artigas 1031, Montevideo, CP. 11300, Uruguay.

### Resumen

El estadio Atilio Paiva Olivera, en Rivera, es uno de los principales centros deportivos de la región norte de Uruguay. A partir de un convenio con la Intendencia de Rivera se realizaron, entre otras actividades, siete modelos estructurales con el programa RFEM. De este modo, se obtuvo una aproximación numérica a las deformaciones, tensiones, cuantías y fisuraciones teóricas de algunos sectores representativos de la estructura: dos de la Tribuna Oficial inaugurada en 1966 y cinco de la ampliación finalizada en 1995 para la celebración de la Copa América.

Se compararon las tensiones de compresión de los modelos con las resistencias obtenidas en testigos extraídos de pórticos y losas. Las máximas tensiones de compresión observadas en los modelos de las tribunas nuevas resultaron menores a las resistencias a la compresión medidas en los ensayos de testigos. En la Tribuna Oficial, por el contrario, superaron la resistencia media obtenida. Se contrastaron las zonas que presentan los máximos anchos teóricos de fisuración, con el relevamiento de lesiones. No se encontró correlación, en general, entre las fisuraciones teóricas de los modelos y las relevadas. En todos los tramos estudiados, las deformaciones máximas se encuentran dentro de los límites recomendados por la normativa de referencia.

**Palabras clave:** hormigón armado expuesto, modelos informáticos, patologías estructurales, ensayos

### Abstract

The Atilio Paiva Olivera stadium in Rivera is one of the main sports centers in the northern region of Uruguay. Based on an agreement with the Municipality of Rivera, among other activities, seven structural models were developed with RFEM software. Thus, a numerical approximation of the deformations, stresses, steel reinforcements and width cracking of some representative sectors of the structure were obtained: two of the Official Tribune inaugurated in 1966 and five of the extension completed in 1995 for the celebration of the America's football Cup. The compressive stresses of the models were compared with the resistances obtained in samples taken from porticos and slabs. The maximum compressive stresses observed in the models of the new tribunes were lower than the compressive strengths measured in the sample tests. In the Official Tribune, on the other hand, they exceeded the average resistance obtained. The areas with the maximum theoretical cracking widths were contrasted with the lesion survey. No correlation was found, in general, between the theoretical cracking of the models and those observed in the building. In all the sections studied, the maximum deformations are within the limits recommended by the reference standards.

**Keywords:** exposed reinforced concrete, computer modeling, structural pathologies, testing

### 1. Introducción

El Estadio Atilio Paiva Olivera se ubica en el Barrio Carmelo Sosa localizado al sur de la ciudad de Rivera. El asesoramiento realizado a partir de un convenio entre la FADU, Udelar y la Intendencia de Rivera tuvo como objetivo evaluar el estado actual de conservación del edificio, con particular atención en el desempeño estructural del bien. Particularmente, se buscó determinar las características y el estado actual de los componentes estructurales de hormigón armado visto, siguiendo metodologías establecidas en normas técnicas o procedimientos validados.

El edificio fue construido en dos etapas. En 1966 culminaron los trabajos para la construcción de la Tribuna Oficial, proyectada por los Arqs. Walter Domingo y Ney Leites, que transformaron el anterior campo de fútbol en un estadio. En 1994, con el fin de cumplir los requisitos para que Uruguay organizara la Copa América de 1995 y que Rivera se constituyera en sede, se inició la construcción de tres nuevas tribunas y la ampliación de la existente, a partir de un proyecto del estudio Daners y Asociados. Mediante esta intervención, el estadio triplicó su capacidad locativa y se incrementaron sus servicios. Las obras se ejecutaron en nueve meses, tiempo récord considerando las tecnologías de la época y los recursos disponibles en la ciudad. El estadio quedó así conformado por la Tribuna Oficial, construida en 1966 y ampliada en 1994, y por tres tribunas adicionales construidas ese mismo año: la Norte, Sur e Italia.

## 2. Metodología

Se implementó una metodología que combinó la recopilación y estudio de antecedentes del edificio con el análisis de datos provenientes de recaudos gráficos, inspección y registro, técnicas y ensayos experimentales, y la modelización y simulación digital del comportamiento estructural. Fueron seleccionados siete sectores de análisis, contemplando los diferentes sistemas estructurales empleados en los dos períodos de construcción de la obra. Entre otras actividades, se realizó un relevamiento detallado de las lesiones que afectan los componentes estructurales en dichos sectores, que fue registrado en gráficos. Fueron extraídos testigos con el fin de tener una aproximación a las características mecánicas de los materiales estructurales y se realizaron ensayos de dureza superficial. Por otra parte, a efectos de analizar y evaluar el funcionamiento teórico de la estructura, se modelaron los sectores seleccionados con el programa RFEM considerando la información recopilada del edificio –tanto gráfica como documental–, las mediciones realizadas in situ y los resultados de los ensayos. Particularmente, se observaron los valores de tensiones resultantes en las distintas piezas, las cuantías necesarias de acero, las deformaciones máximas y aquellas zonas en las que ocurren los máximos valores de fisuración teórica. Se contrastaron los resultados de los modelos teóricos con el relevamiento de lesiones, aportando al diagnóstico del edificio y a la identificación de los procesos degresivos que lo afectan. Finalmente, se recomendaron acciones de mantenimiento correctivo y preventivo de modo de contribuir a detener los procesos patológicos que fueron identificados y de prolongar la vida útil del bien.

## 3. Resultados obtenidos

### 3.1. Resultados de los ensayos de compresión en testigos

Se extrajeron 7 testigos cilíndricos del edificio, de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura, que fueron ensayados a la compresión [1].

El valor promedio de resistencia a la compresión de aquellos extraídos de los pórticos de la Tribuna Oficial, de 16,03 MPa, resultó inferior a lo previsto en función de la edad y el uso de la estructura. No se encontraron datos sobre el mismo en los antecedentes gráficos y bibliográficos.

Los valores de dureza superficial obtenidos en los pórticos de todas las tribunas resultaron superiores a los de las gradas. En el caso de las Tribunas Norte, Sur e Italia, esta relación se corresponde con los valores de rotura a la compresión de probetas informados por la dirección de obra [2] así como también con los valores indicados en los planos del proyecto de estructura – 20 MPa de resistencia característica en las gradas y 30 MPa en los pórticos– y con los valores de resistencia obtenidos en los ensayos de testigos, expresados en la Tabla 1.

Tabla 1 – Resistencia a la compresión de testigos (MPa)

Testigo	Tribuna - tramo	Elemento	Resistencia a la compresión (MPa)
1	Oficial T03	Pórtico A13-A14	18,54
2	Oficial T03	Pórtico A13-A14	16,15
3	Oficial T04	Pórtico A29-A30	13,39
4	Oficial T02	Pórtico A01-A02	16,04
5	Italia TI3	Grada: viga P69-70 y P71-72	22,58
6	Italia TI3	Pórtico P77-78	46,12
7	Italia TI4	Pórtico P75'-76'	39,98

3.2. Relevamiento de lesiones

Las inspecciones oculares, realizadas entre octubre de 2022 y febrero de 2023, permitieron identificar las principales patologías y defectos constructivos presentes en el estadio: fisuras y grietas, craquelado, desprendimientos, armadura expuesta, manchas de corrosión, discontinuidad de encofrado, coqueras, eflorescencias, acumulación de agua, manchas negras, colonización vegetal, colonización animal y reparaciones impropias. En las Figuras 1 y 2 se muestran algunos de los gráficos desarrollados en las 71 láminas elaboradas.

3.3. Modelos de comportamiento estructural

Considerando los resultados obtenidos en los ensayos de testigos de la tribuna Oficial, se asignó un hormigón de calidad C12 a todos los elementos estructurales de dicha tribuna. Por otra parte, se asignó un hormigón de calidad C20 a las losas, losetas y viguetas prefabricadas de las gradas de las tribunas nuevas. A los otros elementos estructurales de dichas gradas, tales como vigas y pórticos, se les asignó un hormigón de calidad C30.

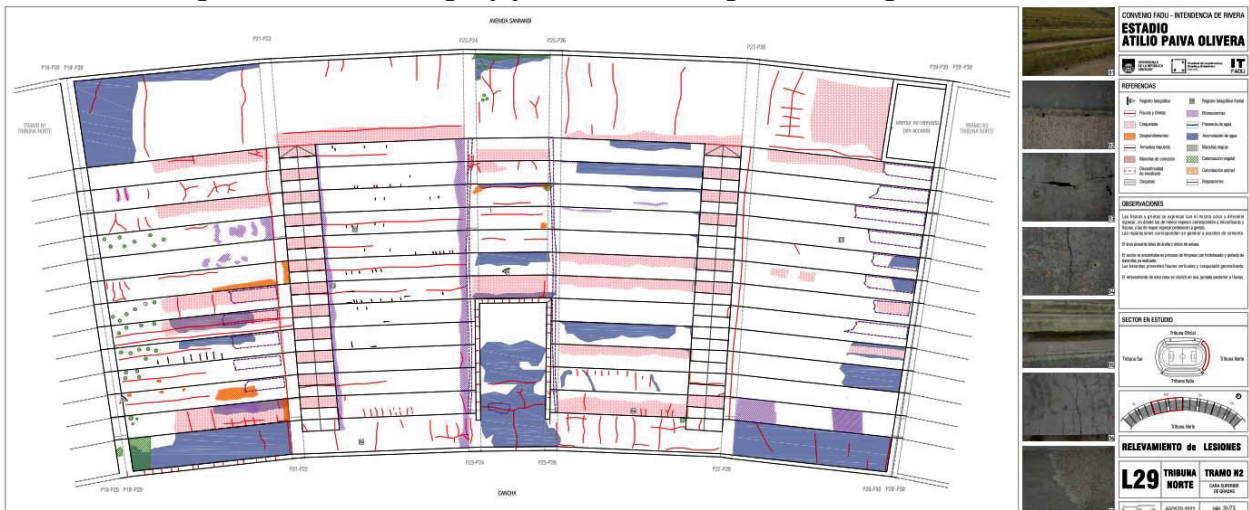


Fig. 1 – Relevamiento de lesiones en la cara superior de las gradas del Tramo 02 de la Tribuna Norte

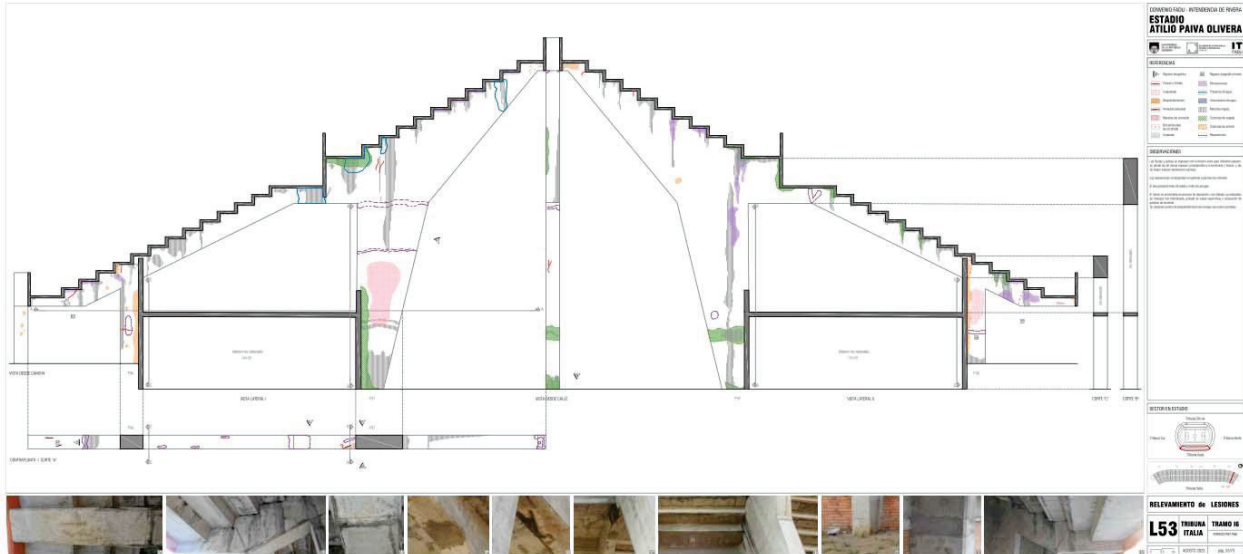


Fig. 2 – Relevamiento de lesiones en el pórtico P97-98 del Tramo 06 de la Tribuna Italia

Los casos de carga considerados fueron: peso propio, cargas muertas, sobrecarga de uso y viento. Se consideró una sobrecarga de uso de  $6,25 \text{ KN/m}^2$  actuando sobre las losas de las gradas de las tribunas, correspondiente a la categoría C5 (zonas de congregación de público) y una sobrecarga de uso de  $5,00 \text{ KN/m}^2$  actuando sobre las losas en zonas de entrada, salida y congregación de público, correspondiente a la categoría C3 de la norma UNE-EN 1991-1-1:2019 [3]. Se consideró, asimismo, una sobrecarga horizontal de  $1,0 \text{ KN/m}$  actuando en los bordes superiores de las barandas de hormigón armado. Para la combinación de las acciones se siguieron las reglas definidas en la norma UNE-EN 1990:2019 [4]. El cálculo estructural de los estados límite últimos y de servicio fue realizado siguiendo los procedimientos del Eurocódigo 2 [5]. Se observó que la carga de viento no conduce a situaciones críticas en la estructura.

En la Figura 3 se observan los sectores modelizados y en las Figuras 4 a 6, algunos de los resultados obtenidos.

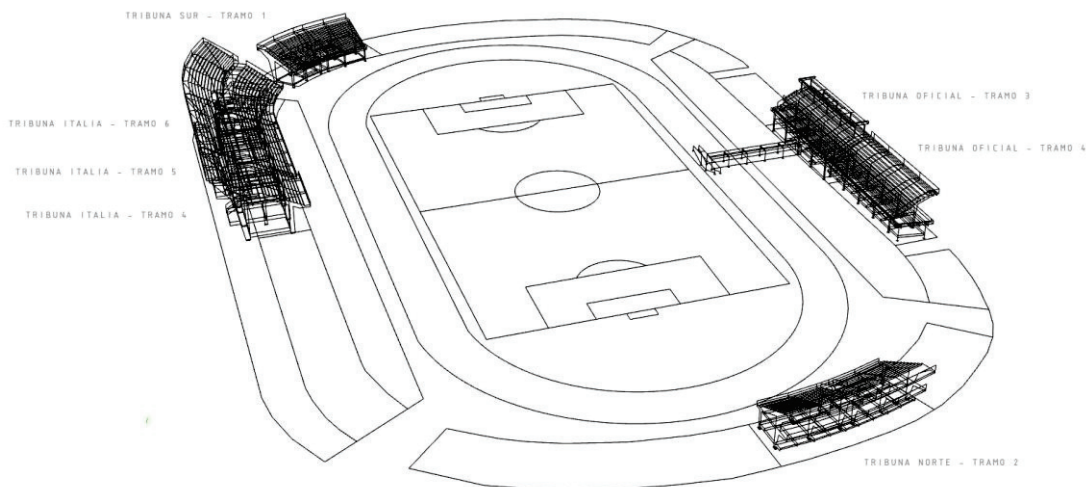


Fig. 3 – Sectores modelizados del estadio

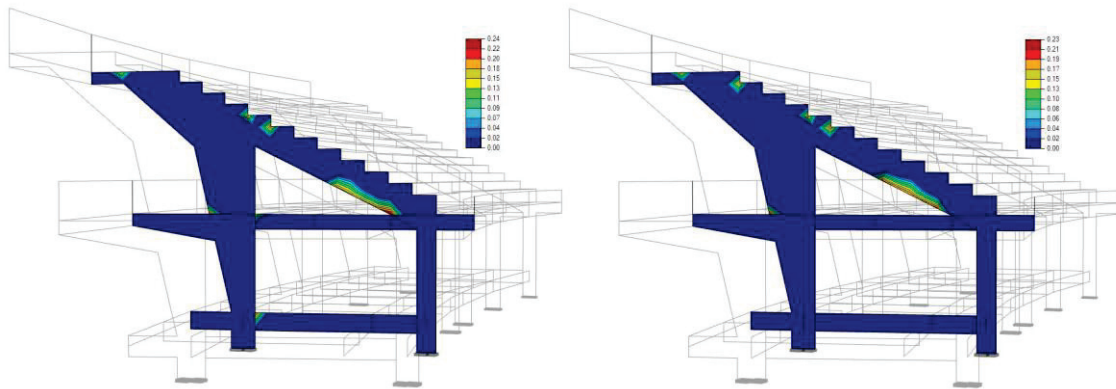


Fig.4 – Diagramas de anchos de fisuración (mm) en ambas caras de los pórticos intermedios más cargados del Sector 2 de la Tribuna Norte, para la combinación de cargas determinante en ELU/ELS

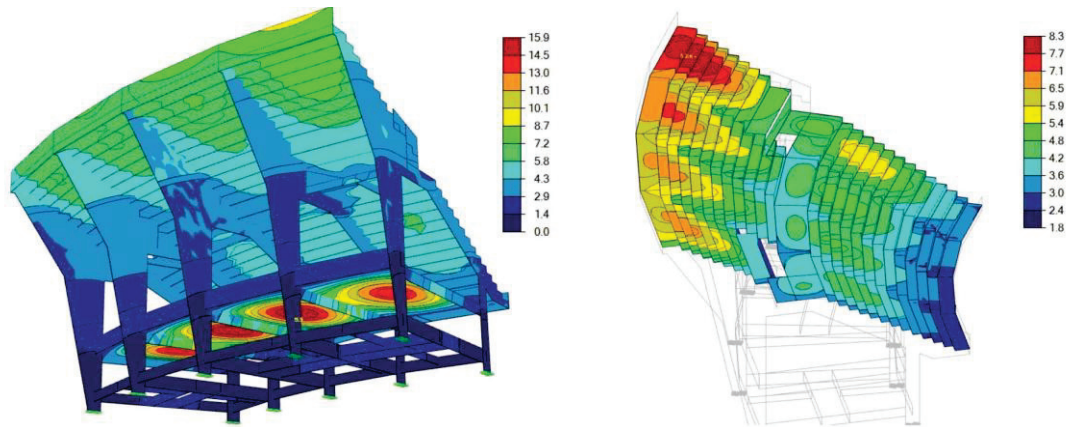


Fig. 5 – Deformaciones globales iniciales (mm) del Sector 6 de la Tribuna Italia, para Estados límite de Servicio en combinación característica de resultados

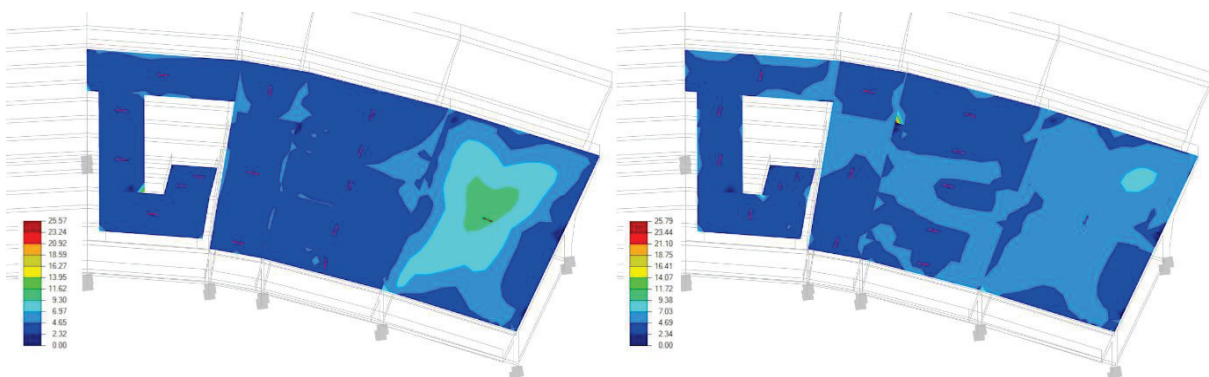


Fig.6 – Diagramas de armadura necesaria para la cara inferior (en  $\text{cm}^2$ ) de las losas sobre planta baja en el Tramo 1 de la Tribuna Sur, para la combinación de cargas determinante en ELU/ELS. A: A la izquierda: armadura longitudinal. A la derecha: armadura transversal.

#### 4. Conclusiones

Las máximas tensiones de compresión en los tramos estudiados de las Tribunas Norte, Sur e Italia alcanzan los  $1,64 \text{ KN/cm}^2$  en las gradas y los  $1,99 \text{ KN/cm}^2$  en los pórticos, valores

que resultan menores a la resistencia a la compresión considerada en los modelos. Situación diferente se registra en la Tribuna Oficial, donde las máximas tensiones de compresión alcanzan los 2,44 KN/cm<sup>2</sup> en los pórticos, valor que supera la resistencia media obtenida en los ensayos de los testigos. En dichas zonas, no se detectaron lesiones específicas. Se recomienda un monitoreo continuo de las mismas.

En todos los tramos estudiados, por otra parte, las deformaciones máximas y fisuraciones teóricas se encuentran dentro de los límites admisibles de acuerdo a la normativa de referencia [2], aún considerando un hormigón de calidad C12 para la Tribuna Oficial.

Para algunas losas ubicadas a nivel de la cubierta de los locales de planta baja de las tribunas Norte, Sur e Italia que, según el modelo, presentaban deformaciones y anchos de fisuración significativos, se realizó un análisis complementario. La armadura superior del proyecto resultó, en algunas zonas, menor a la recomendada por los modelos. Si bien creemos que esto no supone un riesgo para la estabilidad de dichas losas, consideramos que sí condiciona su uso. Se recomienda, en las losas de mayores dimensiones de estas zonas, limitar la sobrecarga de uso a 2,0 KN/m<sup>2</sup> y no incrementar la permanente.

Con respecto al análisis comparativo entre las zonas que presentan los mayores anchos de fisuración en los modelos y las fisuras observadas in situ, no se ha encontrado una correspondencia que permita relacionar las causas de las mismas con el desempeño estructural. Los craquelados podrían tener relación con las altas temperaturas durante la ejecución y puesta en obra del material, sumado al tamaño y forma de los elementos y a otros aspectos como la dosificación, la cantidad de cemento, la relación agua-cemento, la granulometría de los agregados, el curado, etc.

El estudio realizado permite afirmar que no se han encontrado evidencias de riesgos frente a la seguridad estructural en las condiciones de uso previstas y controladas. Sin embargo, la presencia de algunas lesiones tales como grietas, fisuras, y acero expuesto, advierte sobre procesos patológicos que inciden directamente en la durabilidad y que podrían comprometer la seguridad estructural a mediano y largo plazo.

## 5. Agradecimientos

Se agradece a la Intendencia de Rivera por su colaboración en las actividades desarrolladas.

## 6. Referencias

- [1] Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. Ensayos de hormigón - Parte 6: Muestreo, preparación y ensayo de testigos de hormigón. (UNIT-ISO 1920-6:2019).
- [2] Lima E. Control de calidad del hormigón estructural en el Estadio Municipal de Rivera. *Actas de las XXVII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural*. Tucumán, 1995. p.340.
- [3] Asociación Española de Normalización. Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-1:Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios. (UNE-EN 1991-1-1:2019).
- [4] Asociación Española de Normalización. Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras (UNE-EN 1990:2019).
- [5] Asociación Española de Normalización. Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-2. Reglas generales y reglas para edificación. (UNE-EN 1992-1-1: 2013).

**Cómo citar:** J. J. Fontana *et al.*, «Estadio Atilio Paiva Olivera: modelos de comportamiento estructural», en *XL Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural: Memorias*, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, oct. 2024, pp. 188-193. [En línea]. Disponible en: <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/44900>